COURS DE TRAVAUX MARITIMES PROFESSÉ

À

L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES

PAR

Le Baron QUINETTE de ROCHEMONT
Inspecteur général des Ponts et Chaussées

ET

M. HENRY DESPREZ
Ingénieur des Ponts et Chaussées

TOME SECOND

1901

CHAPITRE XVIII

BATEAUX-PORTES(*)

Les formes de radoub, dont l'écluse d'entrée n'est pas munie de portes busquées, sont fermées soit par des bateaux-portes, soit-par des caissons susceptibles de rouler sur le fond de l'écluse. La première solution est uniquement employée en France et aux États-Unis ; elle se rencontre également fréquemment en Angleterre, entre autres à une des formes de Portsmouth, à Blackwail près de Londres, à Barry dock et à Cardiff (forme de Bute dock) ; la seconde a été adoptée pour plusieurs formes de Portsmouth, à Esquimalt, à Garvel dock (Greenock) et à Montevideo. Les caissons utilisés dans les formes sont identiques à ceux employés pour la fermeture des écluses de navigation, il n'y a donc pas à revenir sur ces appareils.

Un bateau-porte est un écran étanche amovible, susceptible de flotter pour démasquer la passe qu'il ferme, et que l'on peut couler en place par l'introduction d'un lest en eau ; les faces inférieures et latérales portent alors sur un *busc* et sur deux *feuillures* situés dans un même plan. Le bateau-porte est amené dans l'écluse et échoué avant l'assèchement de la forme ; il est relevé après le remplissage, le lest en eau qui a servi à le couler ayant été préalablement enlevé.

L'emploi des bateaux-portes présente divers avantages : la fermeture est étanche par suite de l'interposition d'un *paillet* en étoupe, qui est cloué sur les fourrures en bois garnissant la *quille* et les *étambots* ; l'entretien est facile, la forme symétrique permettant de placer alternativement du côté de la forme chacune des deux faces qui peuvent alors être facilement grattées et repeintes ; la présence de vase ou de corps étrangers sur le bas radier de l'écluse n'offre pas pour le soulèvement du bateau les mêmes inconvénients que pour la rotation des portes busquées. D'autre part, les feuillures destinées à recevoir les bateaux-portes prennent beaucoup moins de longueur que la chambre des portes, d'où réduction de la longueur totale de l'ouvrage. Un bateau-porte peut être placé indifféremment dans deux ou trois enclaves différentes, tandis qu'une paire de portes busquées ne peut desservir qu'un emplacement déterminé. Enfin un bateau-porte reposant directement par sa quille sur le bas radier, il est facile de le disposer de telle façon que le pont supérieur puisse donner passage aux plus lourdes charges.

Par contre, la manœuvre d'un bateau-porte est plus lente et plus délicate que celle des portes busquées et elle exige un personnel plus nombreux ; elle peut même être dangereuse, si l'on se trouve dans un espace où la mer est agitée ; elle nécessite enfin que l'on dispose à proximité de la passe d'un poste de garage pour le bateau-porte. Ces inconvénients rendent l'emploi de ces appareils peu propre à la fermeture des écluses de navigation, mais ils présentent peu de gravité pour les écluses des formes de radoub, étant donné le temps qu'exigent l'entrée et la sortie des bateaux et le personnel qu'il est nécessaire d'avoir sous la main pour effectuer ces opérations.

(*) Les indications de figures en italique renvoient à celles-ci en bas de document afin de ne pas charger inutilement le texte.

Les bateaux-portes ont d'abord été faits en bois, mais ce mode de construction offre l'inconvénient d'exiger de grandes largeurs ; de plus le bois en s'imbibant change de poids et modifie les conditions de fonctionnement ; enfin les parois qui sont alternativement mouillées dans le bassin et à sec dans la forme, se trouvent dans des conditions défavorables au point de vue de leur conservation. Aussi depuis de longues années, tous les bateaux-portes sont-ils exclusivement construits en fer ou en acier.

Les formes données aux bateaux-portes sont très variables : les uns, comme celui de Blackvall, consistent en un parallélépipède rectangle ; d'autres ont des coques analogues à celles des bateaux, tels sont ceux des formes 1, 2, 3 et 4 du Havre, de Devonport, de Kowloon dock, etc. ; d'autres, comme ceux des formes 5 et 6 du Havre, offrent sur toute leur étendue des formes droites se raccordant par des courbes simples avec les étambots et la quille ; d'autres enfin, comme ceux des formes de Calais et du Norddeutscher Lloyd à Bremerhaven, sont constitués par un écran plein soutenu par un flotteur.

La tendance actuelle est d'ailleurs de simplifier autant que possible les formes de manière à rendre la construction plus économique et l'entretien plus aisé.

On utilise souvent les bateaux-portes pour rétablir les communications entre les deux rives de l'écluse d'entrée ; on dispose, à cet effet, à leur partie supérieure soit une simple passerelle, soit un véritable pont avec voie charretière.

Quel que soit le système adopté, les bateaux-portes présentent des chambres à air et des chambres à eau, contenant un lest permanent ou un lest de manœuvre, et doivent remplir un certain nombre de conditions générales, savoir :

1° Présenter une stabilité suffisante de flottaison ;

2° Pouvoir fonctionner quand la mer est au plus bas niveau auquel les navires peuvent entrer dans la forme ou en sortir ;

3° Réaliser une fermeture étanche ;

4° Être d'un entretien facile.

FEUILLURE

La feuillure doit présenter une forme telle que le bateau-porte se dégage facilement ; le dégagement s'opère soit par ascension, soit par rotation. En tous cas, la quille du bateau doit se soulever suffisamment pour se trouver au moins à 0,30 m. au-dessus du radier de l'écluse et les étambots doivent être sortis des rainures sur lesquelles ils portent de 0,25m. à 0,35 m. Les rainures dans le radier de l'écluse ayant le plus souvent 0,50 m. de profondeur,s la hauteur dont le bateau-porte doit se soulever est alors d'au moins 0,80 m. à 1 m.

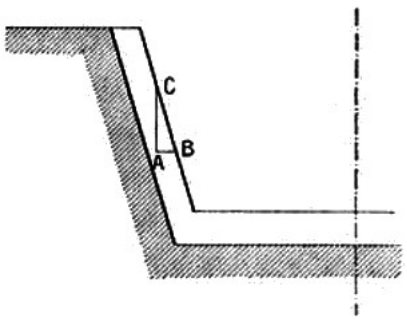


Fig. 603.

Lorsque le bateau-porte se dégage par un mouvement d'ascension verticale (fîg. 603), l'inclinaison des bajoyers doit être telle que

$$\frac{AB}{AC} = \frac{0{,}20\ m \text{ à } 0{,}35\ m}{0{,}80\ m \text{ à } 1{,}00\ m}$$

soit environ 1/3 à 1/4, c'est-à-dire de 1 de base pour 3 à 4 de hauteur. Cette inclinaison a, en effet, été admise dans un grand nombre de formes anciennement construites ; elle l'est plus rarement maintenant, cependant dans les formes de Dunkerque le fruit du bajoyer de l'écluse est encore de 1/3 environ.

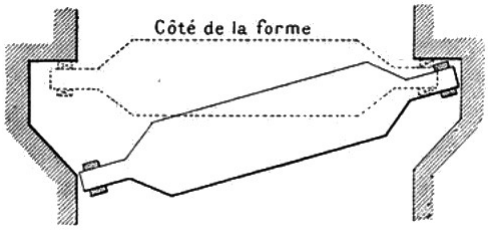


Fig. 604.

Cette disposition a l'inconvénient d'augmenter beaucoup la largeur de la partie supérieure de l'écluse et par suite la longueur et le poids des parties hautes du bateau-porte. Aussi préfère-t-on, en général, donner une moindre inclinaison aux bajoyers et dégager le bateau en le faisant pivoter dans l'écluse en tournant autour de l'une de ses extrémités (fig.604) ; la feuillure est alors évasée. Dans ce cas, les bajoyers peuvent être verticaux, mais en fait on leur donne le plus souvent un léger fruit.

Les rainures sont verticales à Calais, à Bordeaux et à La Pallice ; elles présentent un fruit d'environ 1/2,5 à Marseille, de 1/3 à Dunkerque, de 1/5 à Toulon, de 1/6 à Cherbourg, de 1/7 à Lorient et de 1/8 au Havre. A Saint-Nazaire les rainures verticales dans la partie haute présentent dans la partie basse une pente de 1/1,7.

Les bateaux-portes de certains types, lorsqu'on les échoue, perdent entièrement leur stabilité de flottaison à un moment donné ; ils tendent alors à se coucher sur un flanc ou sur l'autre. La feuillure dans laquelle glisse le bateau s'oppose à ce renversement ; mais si elle est trop large, celui-ci doit être maintenu vertical pendant l'immersion au moyen d'amarres frappées tant à sa tête qu'à son pied. Cette circonstance se présente notamment à Lorient.

Les dimensions des feuillures varient avec la forme des étambots et des fourrures dont ils sont garnis.

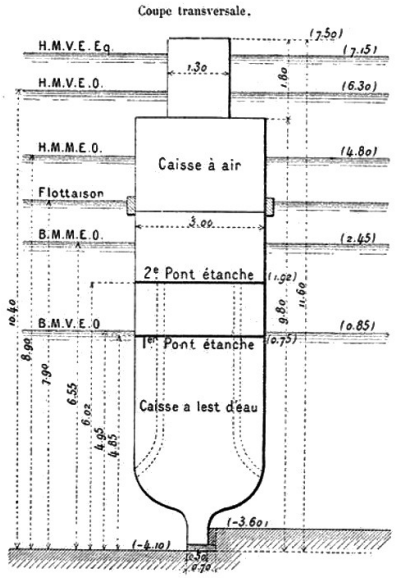
TYPES DIVERS DE BATEAUX-PORTES(*)

Les bateaux-portes des formes 1, 2, 3, 4 et 6 du port de Cherbourg, exécutés sur les plans de M. Corrard, Ingénieur de la Marine, fonctionnent dans un bassin où la marée joue librement avec une amplitude qui, en vive eau, peut dépasser 7 m.

Ces bateaux (fig. 605) sont divisés dans leur hauteur en trois compartiments séparés par des ponts étanches, dont le plus élevé se nomme le *pont de ressaut*. Le compartiment inférieur est une caisse à lest d'eau, que l'on remplit jusqu'au pont qui la limite pour obtenir la flottaison normale du bateau ; le compartiment du milieu peut être également rempli d'eau, lorsqu'on veut retarder la levée du bateau. En d'autres termes, le lest en eau remplit le compartiment inférieur seul ou les deux compartiments inférieurs, suivant que le mouvement du bateau-porte doit être opéré à

(*) Extrait d'un rapport rédigé par M. l'Inspecteur général Henri Bernard au nom d'une commission du Conseil général des Ponts et Chaussées.

un niveau ou à un autre de la marée. Le compartiment supérieur ou flotteur peut à volonté être mis en communication soit avec le bassin, soit avec la forme.



Ces derniers compartiments sont munis de bondes que l'on manœuvre du pont de service situé un peu au-dessus du niveau des pleines mers de vive eau ordinaire ; ils sont d'ordinaire laissés en libre communication entre eux par des trous d'homme ménagés dans les ponts étanches et que, dans ce but, on maintient ouverts.

Les parois latérales sont verticales au-dessous du pont de ressaut et se raccordent avec la quille par des surfaces à double courbure. La partie supérieure au pont de ressaut est réduite symétriquement à une largeur de 1,30 m., afin de rendre le bateau plus léger dans les hauts. Le dessus du bateau forme passerelle.

Le fonctionnement est des plus simples : lorsque l'écluse est fermée, l'eau entre librement dans l'intérieur du bateau et y prend le même niveau qu'à l'extérieur. Quand on veut faire flotter le bateau, on ne le laisse se remplir d'eau que jusqu'au niveau de celui des deux ponts étanches, qui correspond au moment désiré de la flottaison. On a soin de remplir d'eau la forme de manière à y établir le niveau extérieur avant la mi-marée ; le bateau flotte lorsque l'eau montant librement à l'intérieur et à l'extérieur de la forme dépasse le niveau du pont étanche de la hauteur voulue. De même pour remettre le bateau en place, on le présente dans ses rainures avant la mi-marée de telle façon qu'il s'échoue par le seul fait de l'abaissement du niveau de la mer. On peut également le couler immédiatement en laissant entrer l'eau dans les compartiments supérieurs.

Le niveau du premier pont étanche, dont il est fait usage en général, est calculé de telle sorte que le bateau se lève à la mi-marée, ce qui donne environ six heures pour effectuer la sortie et l'entrée des bateaux. Le second pont étanche est placé de façon à ce que le levage se produise une heure et demie plus tard.

Ces bateaux-portes, sauf un qui est plus petit, ont une largeur de 3 m., une longueur de 17,60 m. à la quille, de 21,45 m. au sommet et une hauteur de 11,60 m. ; le radier est à la cote (— 3,60 m.) et le heurtoir a 0,S0 m. de hauteur.

La forme 5 ayant été agrandie et son seuil descendu a la cote (— 5,80 m.), on a construit un bateau-porte qui a 3,80 m. de largeur, 26 m. de longueur à la quille, 30,60 m. au sommet et une hauteur totale de 13,80 m. (flg. 606). Mais pour que le bateau, en cas de réparation, put entrer dans des formes à seuil plus élevé, il était nécessaire de réduire le tirant d'eau sans détruire la

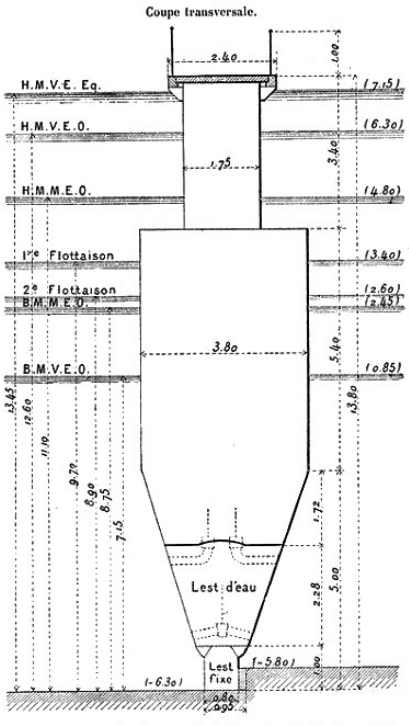


Fig. 606. — Cherbourg (bateau-porte de la forme 5).

stabilité, ce qui a été réalisé en suppléant à la stabilité de forme par la stabilité de poids au moyen d'un lest en fonte et ciment placé le plus bas possible. Le poids de la coque est de 375 t., ce qui avec 165 t. de lest fixe donne 540 tx de déplacement pour la flottaison inférieure et 605,6 tx, avec les 65,6 t. de lest liquide à ajouter pour la flottaison normale. Par suite de ces dispositions, le bateau, malgré sa grande hauteur, ne comporte plus entre le pont de ressaut et la quille qu'un seul pont étanche correspondant au-dessus du lest liquide.

Dans une mer sans marée ou dans un bassin à flot, un bateau-porte de ce système se soulèverait dès que la poussée de l'eau introduite dans la forme, jointe à la poussée extérieure, donnerait une sous-pression supérieure au poids du bateau, augmenté de son adhérence contre les maçonneries ; ce mouvement de soulèvement se produirait le plus généralement avant que le niveau soit le même dans la forme et à l'extérieur. On aurait, par suite, à craindre, que des accidents ne se produisent sous l'influence des différences de pression résultant à ce moment de la différence de niveau dans la forme et dans le bassin.

M. l'lngénieur de la Marine de Coppier a alors étudié, en 1858, un autre type de bateau-porte qui a été appliqué d'abord à la forme 1 de Castigneau, à Toulon, et qui depuis a été maintes fois reproduit tant dans les ports sans marée que dans les ports à marée.

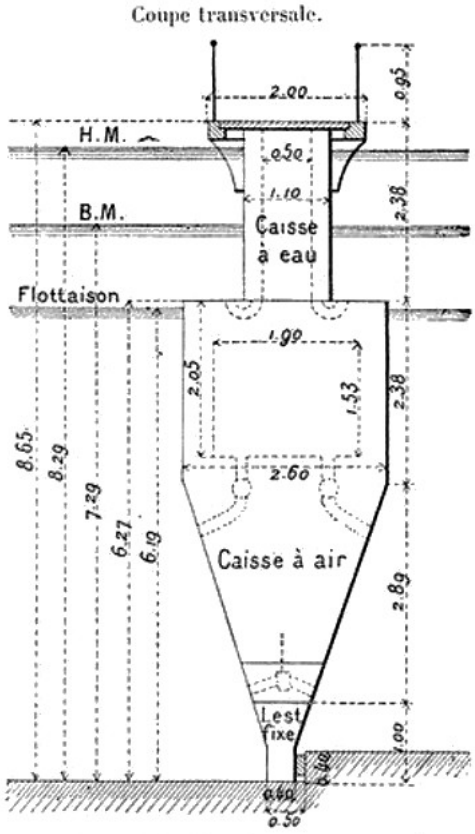


Fig. 607. — Toulon (bateau-porte de la forme 3 de la darse Vauban).

Le bateau-porte (fig. 607) est divisé dans sa hauteur en trois parties. Le compartiment inférieur contient le lest permanent, constitué d'ordinaire par de la fonte et du béton, et quelquefois aussi par du lest en eau. Le second compartiment ou caisse à air, destiné à faire flotter le bateau, contient à son intérieur une ou deux caisses à lest d'eau étanches, dont le but est de servir à l'immersion ou à l'émersion suivant qu'on les remplit ou qu'on les vide ; l'air s'échappe par des tubes traversant le compartiment supérieur. Celui-ci qui forme caisse à eau est réduit à la largeur nécessaire pour la résistance et communique largement soit avec le bassin, soit avec la forme par des orifices situés à la partie basse et munis de bondes ou de vannes, qui sont manœuvrées du pont supérieur.

La flottaison normale doit être établie à une hauteur telle que la distance qui la sépare du niveau des basses mers, lorsque le bateau-porte est échoué, se trouve un peu plus grande que la hauteur verticale que le bateau doit parcourir pour se dégager de ses rainures. On règle cette flottaison au moyen du lest permanent, et le pont étanche, qui sépare la caisse à eau de la caisse à air, est placé à quelques centimètres seulement au-dessus de cette flottaison. II suffit dès lors que la caisse à

eau contenue dans le second compartiment ait une capacité un peu supérieure au déplacement de la petite tranche du bateau comprise entre le deuxième pont étanche et la flottaison normale.

Le bateau-porte se coule en remplissant les caisses à lest en eau contenues dans le compartiment du milieu, les bondes du compartiment supérieur étant fermées du côté de la forme et ouvertes du côté du bassin.

Pour faire flotter le bateau, on ferme toutes les bondes du compartiment supérieur lors de la haute mer précédente, puis on laisse écouler dans la forme vide l'eau de la caisse à lest d'eau. La forme est ensuite remplie et, dès que l'eau y atteint un niveau très voisin de celui du bassin, le bateau se soulève légèrement, sans toutefois que sa quille s'élève au-dessus du busc ; la forme finit ensuite de se remplir rapidement, l'eau y pénétrant par les rainures.

Pour achever l'émersion du bateau-porte, il suffit d'ouvrir les bondes du compartiment supérieur dont l'eau s'écoule peu à peu, jusqu'à ce que le bateau ait repris sa flottaison normale ; on est maître de régler la vitesse d'émersion par la plus ou moins grande ouverture des bondes.

Ce système de bateau-porte a l'avantage de permettre, quand cela est nécessaire de retarder le moment de la levée du bateau en augmentant le tirant d'eau normal ; cette augmentation n'est que momentanée et l'on revient facilement au tirant d'eau normal aussitôt que le niveau de l'eau dans la forme est à peu près le même qu'à l'extérieur. Cet avantage est précieux dans les ports à marée, si l'on veut éviter que le temps disponible pour les manœuvres ne se trouve diminué à la fois par la levée plus tardive du bateau et par la nécessité de le présenter devant le heurtoir plus tôt après l'entrée du navire.

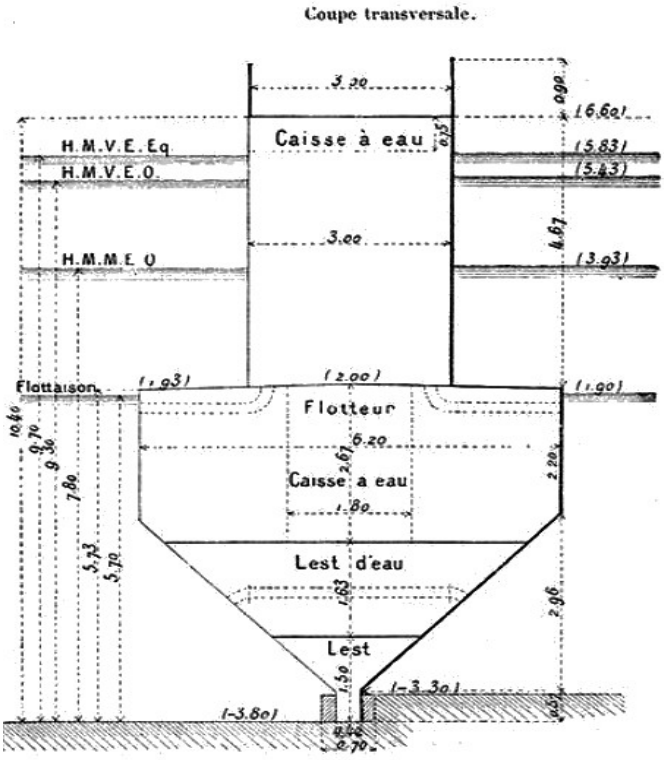


Fig. 608. — Saint-Nazaire (bateau-porte de la forme 1).

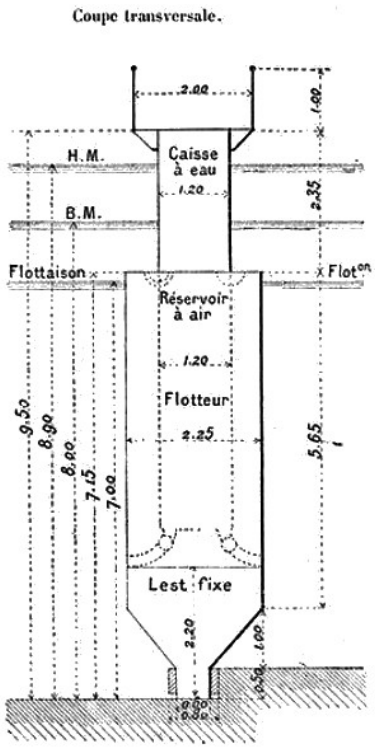


Fig. 609. — Marseille (bateau-porte de la forme 1.)

C'est à ce type que se rapportent les bateaux-portes des formes de Castigneau de Missiessy et de Vauban à Toulon, et ceux des formes 2 de Lorient, de Saint-Nazaire et de Marseille.

Dans les bateaux-portes de Saint-Nazaire (fig. 608), la caisse à eau supérieure est située au-dessus du niveau des hautes mers ; elle se remplit donc, non pas librement au moyen de l'ouverture des vannes, mais à l'aide de pompes qui permettent d'élever dans cette caisse le lest d'eau contenue dans la caisse à eau inférieure.

Les bateaux-portes des six formes de radoub de Marseille (fig. 609) présentent cette particularité que le fond de la caisse à air n'est pas limité par un pont étanche, le lest fixe étant composé uniquement de fonte et de béton placés au-dessus de la quille.

Les bateaux-portes des formes du Havre ne comportent également que deux compartiments séparés par un pont étanche. On a, en outre, supprimé la caisse à lest en eau au-dessous de ce pont étanche.

Les bateaux des formes 2 et 3 de la citadelle sont munis à leur partie supérieure, au-dessus du niveau des plus hautes mers, d'une caisse étanche qui est destinée à recevoir l'eau nécessaire pour les faire couler, cette eau est fournie par la distribution de la ville ; la partie inférieure en contre-bas du pont étanche formant flotteur contient le lest fixe et doit être toujours à sec ; la partie supérieure peut être tenue vide ou mise en communication avec le bassin. Le lest est réglé de manière que les bateaux flottent au niveau du pont étanche.

Pour couler ces bateaux, on ouvre les vannes qui mettent le compartiment supérieur en communication avec le bassin et on remplit la caisse à eau supérieure ; sous l'action de cette surcharge, le bateau commence à s'enfoncer, et l'eau pénétrant alors dans le compartiment supérieur il ne tarde pas à s'échouer. Pour le faire flotter, on écoule l'eau de la caisse après avoir vidé dans la forme le compartiment supérieur. Les bateaux peuvent donc se couler et se lever à volonté sans pompage.

Mais depuis un certain temps, on a cessé de se servir de ces caisses à eau supérieures qui n'ont même jamais été utilisées dans le bateau 1, qui en était également pourvu. On n'en a pas placé dans les bateaux des formes 5 et 6.

En fait, les manœuvres des bateaux-portes du Havre s'effectuent de la manière suivante :

Pour les formes 1, 2, 3 et 4, le bateau-porte est amené à flot contre ses feuillures, puis les vannes des compartiments étanches du côté du bassin sont ouvertes ainsi que les bondes de fond ; l'eau entre dans la partie inférieure du bateau qui coule d'abord lentement, puis plus rapidement quand le pont étanche est arrivé au-dessous du niveau de l'eau extérieure. On ne relève généralement le bateau qu'après que la forme a été vidée pour la réparation d'un navire. Avant de remplir la forme, on y écoule l'eau contenue dans le bateau, en en laissant toutefois une quantité plus ou moins grande suivant que le niveau de l'eau dans le bassin est plus ou moins élevé.

On ne conserve donc pas une même ligne de flottaison ; on cherche, au contraire, à faire en sorte que le bateau se soulève toujours à peu près d'une même quantité, environ 1 m. On peut dire encore que la quantité de lest en eau, qui doit rester dans le bateau, est réglée de façon que celui-ci ne se soulève que lorsque la dénivellation entre

le bassin et la forme ne dépasse pas 0,30 m. ou 0,40 m. au plus. Dans ces conditions, l'émersion ne se produit pas brusquement, mais en deux ou trois temps ; les paillets ne souffrent pas et le remplissage de la forme ne se termine pas assez rapidement pour qu'il en résulte le moindre inconvénient pour le navire qui s'y trouve.

Pour les bateaux-portes des formes 5 (fig. 610) et 6, il a paru inutile de lever les vannes du compartiment supérieur, attendu que les bondes de fond du compartiment inférieur ont des orifices suffisants pour faire couler le bateau assez rapidement ; on n'introduit donc jamais d'eau au-dessus du pont étanche.

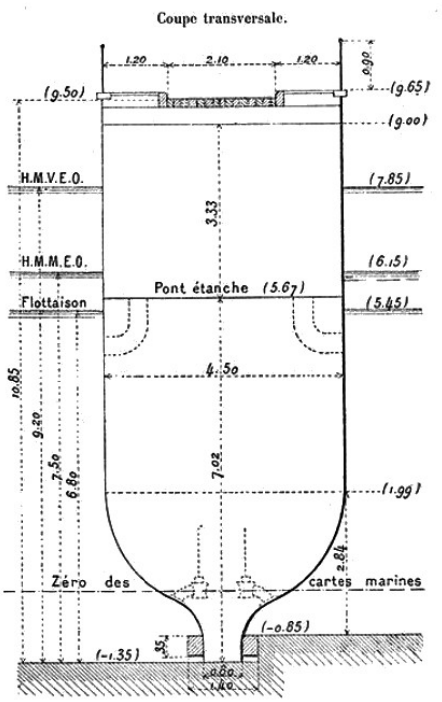


Fig. 610. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Lorsque le bateau-porte doit être soulevé la forme étant pleine d'eau, on est obligé de vider le bateau au moyen d'une pompe ou d'un pulsomètre ; mais c'est là un cas exceptionnel. II est évident d'ailleurs que l'on pourrait agir de même avec les quatre anciens bateaux.

Des expériences directes ont été faites pour déterminer la hauteur d'eau qu'il convient d'admettre dans le compartiment inférieur des bateaux 5 et 6 suivant les différents niveaux de l'eau dans le bassin de l'Eure, pour que les bateaux se soulèvent dans de bonnes conditions, elles ont donné les résultats suivants :

COTES DE L'EAU dans le bassin de l'Eure	COTES AUXQUELLES L'EAU doit être maintenue en contrebas du pont supérieur		HAUTEURS dont se soulève le bateau
	Bateau 5.	Bateau 6.	
En contre-bas de 6,25 m.	11 m. (le bateau est vide)	10,15 m. (le bateau est vide)	Varie de 0,25 m. à 1 m.
6,50	9,30	8,15	
7,00	8,25	7,55	
7,50	7,85	7,00	
8,00	7,30	6,50	

Il résulte de ce qui précède que le pont intermédiaire n'aurait pas besoin d'être étanche et que sa position pourrait être déterminée indépendamment des conditions de flottabilité ; il pourrait même être supprimé, c'est ce qui a été fait à Dunkerque (fig. 611).

Les bateaux-portes sont alors de véritables caissons à parois verticales qui sont coulés ou relevés par l'introduction ou l'enlèvement d'un lest supplémentaire en eau, variable suivant la flottaison qu'on veut obtenir. L'introduction de l'eau se fait au moyen de bondes de fond et l'enlèvement en laissant l'eau s'écouler dans la forme asséchée. Lorsque l'opération du relèvement doit être opérée sans que la forme ait été

vidée, on doit recourir à des pompages soit au moyen de pulsomètres soit au moyen de pompes ordinaires mues par des moteurs à vapeur ou à bras.

Dans ce port, on a été obligé de réduire autant que possible la largeur du bateau de la forme 4, dans laquelle le puits à gouvernail n'est qu'à 1,20 m. du heurtoir ; ce bateau a 2,50 m. de largeur et supporte des trottoirs placés en encorbellement.

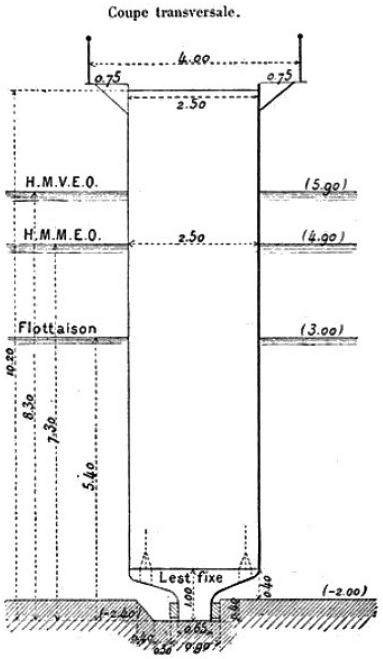


Fig 611. — Dunkerque (bateau-porte de la forme 4).

A Calais (flg. 612), le bateau-porte est constitué par un diaphragme en tôle et par une caisse à air symétrique par rapport à ce diaphragme, et s'élevant à 0,20 m. au-dessus de la flottaison normale. À la partie supérieure et sur 13,75 m. de longueur, il y a au milieu du bateau une caisse à eau de 2 m. de largeur, dans laquelle est introduite l'eau destinée à produire l'échouage ; cette eau est fournie par la canalisation de la ville. Les bondes de vidange placées au fond de cette caisse sont calculées de manière que le relevage se fasse assez lentement Des tubes étanches traversent la caisse à air verticalement pour laisser échapper l'air qui serait emprisonné au-dessous, d'un seul côté, pendant le remplissage de la forme, ce qui tendrait à faire chavirer le bateau.

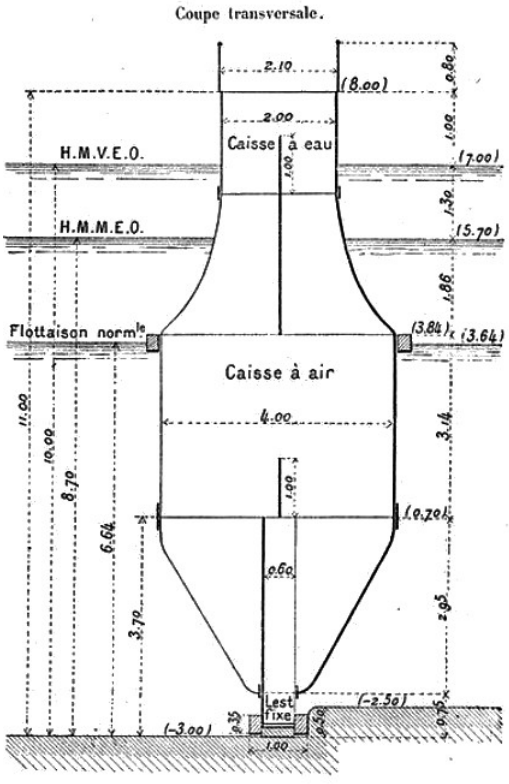


Fig. 612. — Calais.

L'immersion peut ainsi s'opérer en ouvrant des bondes de fond dont est munie la caisse à air ; une cloison centrale de hauteur suffisante empêche les mouvements brusques de l'eau d'un bord à l'autre. Après l'immersion, cette eau est écoulée dans la forme mise à sec, et l'on remplit la caisse supérieure dont le fond est au niveau des hautes mers de vive eau ordinaire. La stabilité du bateau reste assurée, même dans le cas où tout le lest est reporté dans la caisse supérieure. Le lest fixe est placé sur la quille.

Les avantages que présente ce type de bateau sont les suivants : le double bordé est réduit au minimum, et le centre de carène étant placé très haut, le lest en fonte est le moindre possible ; le lest à introduire pour permettre l'échouage est très faible ; en aucun cas, d'ailleurs, on n'a à craindre de soulèvement brusque du bateau avant le complet remplissage de la forme ; enfin le lest pouvant toujours s'écouler seul, il n'est pas besoin de pompe de vidange.

De l'examen de ces divers bateaux-portes, on peut conclure que le type qui, tant pour les ports sans marée que pour les ports à marée, satisfait au programme le plus

complet est celui dû à M. de Coppier. Ce type, en admettant une largeur de bateau modérée, réunit les conditions suivantes :

1° N'avoir besoin d'aucun pompage, sauf dans le cas exceptionnel et commun à tous les systèmes où il faut relever le bateau-porte sans que la forme ait été asséchée ;

2° Réduire dans ce cas au minimum la quantité et la hauteur de l'élévation de l'eau à monter au moyen de pompes ou de pulsomètres ;

3° Permettre de ne commencer le relevage qu'au moment où on le juge opportun et en n'augmentant que momentanément le tirant d'eau du bateau, de manière à ne pas obliger à le remettre en place plus tôt que dans les circonstances ordinaires ;

4° Régler à volonté la vitesse d'émersion.

Mais si l'on considère que la seconde de ces conditions a pour contrepartie l'établissement dans la caisse à air, d'une caisse à lest d'eau d'une capacité de 10 à 12 m3, et qu'on peut supprimer cette caisse en laissant entrer au-dessus du lest permanent une quantité d'eau équivalente qui occupera une meilleure position au point de vue de la stabilité, ainsi que cela a lieu au Havre et à Dunkerque, on estimera sans doute que cette simplification de construction est désirable dans les ports où les formes sont en service à peu près continu.

D'autre part, quand on n'a pas lieu de tenir à une flottaison constante, l'on peut également supprimer le pont étanche dont la position un peu au-dessus de la flottaison cesse d'être indispensable.

C'est ainsi qu'en sacrifiant des avantages secondaires, mais en simplifiant la construction et la manœuvre, on est arrivé, en dernier lieu, à un type de bateau se rapprochant sensiblement du système Corrard, à cela près que ce dernier correspondant à un port à marée, où il est utile de conserver une flottaison normale, limite le lest en eau par un pont étanche qui en empêche le brusque déplacement.

Lorsqu'on veut, au contraire, faire varier la flottaison et ne soulever le bateau-porte que d'une hauteur à peu près constante, malgré les variations du niveau du bassin, il convient d'avoir un lest fixe pour la majeure partie et d'empêcher les brusques déplacements de l'eau par quelques cloisons verticales qui constituent des caisses distinctes avec bondes correspondantes.

On peut alors régler l'introduction de l'eau dans les diverses parties, redresser le bateau s'il tend à s'incliner dans un sens ou dans l'autre, et vider à volonté un compartiment, pour le visiter et le repeindre quand la forme est asséchée.

Tous les bateaux dont la stabilité est assurée par la présence d'un lest liquide à la partie inférieure, perdent cette stabilité lorsqu'on épuise le lest alors qu'ils flottent librement, et se couchent sur le côté. En ajoutant quelques tonneaux de lest à la partie supérieure on arrive alors à éventer la quille, ce qui permet la réparation et l'entretien de la quille et des paillets. Cette facilité est précieuse dans les ports qui ne possèdent qu'une forme de radoub.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES BATEAUX-PORTES

Les conditions de fonctionnement des bateaux-portes s'établissent facilement ainsi que le montrent les indications suivantes se rapportant à un bateau du type de Coppier (fig. 613).

Soient :

MN, la flottaison normale du bateau ;

XX, la trace sur le plan vertical de la face d'application des étambots contre la feuillure ;

A, le déplacement de la partie gauche de la carène *mrp* ;

B, le déplacement de la partie droite *nrps* ;

δ, le déplacement de la partie *mnn′m′* comprise entre la flottaison et le pont de ressaut ;

V, le volume des caisses remplies d'eau pour faire couler le bateau ;

u, le déplacement des puits de descente ;

u′, le déplacement de la charpente au-dessus du pont de ressaut.

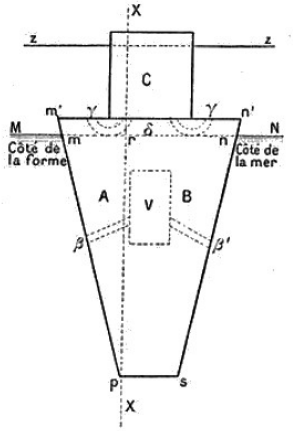


Fig. 613.

Pour que le bateau coule par le remplissage des caisses V, il faut que le poids d'eau introduit dans les caisses soit supérieur à l'augmentation de la poussée tenant à l'immersion de la partie haute du bateau, c'est-à-dire que l'on ait

$$V > \delta + u + u'$$

Le bateau appuiera alors sur le fond avec une pression P déterminée par l'équation

$$P = p\,[V - (\delta + u + u')]$$

p étant le poids d'un mètre cube d'eau de mer.

La pression *P* varie généralement de 3 à 10 t.

Comme *V* doit être plus grand que *δ*, il y a intérêt à réduire le volume *δ* pour diminuer la quantité d'eau à introduire dans le bateau et activer la manœuvre. La hauteur du pont de ressaut au-dessus de la flottaison doit donc être faible, elle n'est le plus souvent que d'une dizaine de centimètres ; il faut cependant lui donner une certaine valeur afin que la stabilité ne soit pas compromise par les quelques mouvements de roulis que peut éprouver le bateau et qui couvriraient d'eau le pont.

Pour lever le bateau, on vide les caisses V ; le soulèvement se produit lorsque la force émersive est suffisante pour vaincre l'adhérence du bateau-porte contre ses feuillures (fig. 614).

Or le poids est égal à :

$$A + B + a + b\,,$$

a et *b* étant les poids de l'eau contenue dans le compartiment supérieur, à gauche et à droite de *XX*, jusqu'au niveau *ZZ* de l'eau dans le bassin.

Le déplacement est égal à

$$A + B + \delta + u + u' + \left[\left(1 - \frac{x}{l}\right) a\right] + b \ ,$$

si l'on désigne par

l la distance comprise entre le pont de ressaut et le niveau de l'eau dans le bassin ;

x la différence du niveau de l'eau dans le bassin et dans la forme sous laquelle le soulèvement se produira,

et si l'on admet, qu'au-dessus du pont de ressaut, les quantités d'eau contenues dans le compartiment supérieur sont proportionnelles aux hauteurs.

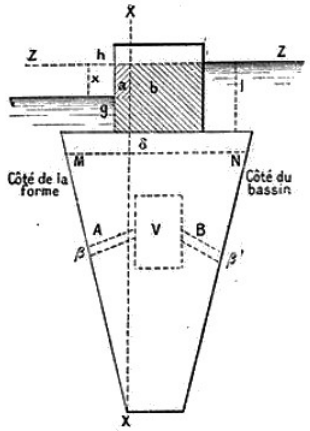


Fig. 614.

Cette expression du déplacement n'est pas tout à fait exacte, en ce sens qu'il faudrait retrancher de $u + u'$ la partie relative au volume de a correspondant à la hauteur x qui ne donne pas de poussée de la part de l'eau, mais l'erreur est très faible.

La force émersive qui est la différence du déplacement et du poids a alors pour expression :

$$\delta + u + u' - \frac{x}{l} a$$

En appelant F la résistance produite par le frottement, l'on a :

$$F = \delta + u + u' - \frac{x}{l} a$$

Si l'on connaît la force nécessaire pour vaincre le frottement du bateau contre le bajoyer, c'est-à-dire pour produire le décollement, cette équation donnera la valeur de x. Le cas limite étant celui où $x = a$, il faut pour que le bateau fonctionne de lui-même, sans qu'il soit nécessaire de le décoller à l'aide de verrins, que l'on ait :

$$\delta + u + u' \geqslant F \ .$$

En conséquence, pour qu'un bateau-porte soit dans de bonnes conditions d'immersion et d'émersion, il faut que ses divers éléments satisfassent aux deux inégalités :

$$V > \delta + u + u' \geqslant F \ .$$

Le décollement se produit par une différence de niveau x, qui est déterminée comme il a été dit. Cette différence ne doit pas être trop considérable, autrement sous la différence des pressions s'exerçant sur les deux faces du bateau-porte, il pourrait se produire des accidents ; mais il est tout à fait inutile de la faire descendre au-dessous de 0,30 m. à 0,35 m.

Quand le décollement est effectué, l'eau pénètre dans la forme par les rainures ; le niveau s'établit peu à peu. Le bateau-porte s'est alors élevé d'une hauteur qui se détermine ainsi qu'il suit (fig. 615).

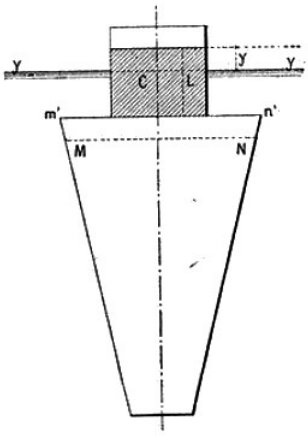


Fig. 615.

Soit *YY* la nouvelle flottaison et soit *y* la hauteur dont le bateau-porte s'est soulevé, c'est-à-dire la distance entre le plan de la nouvelle flottaison et la hauteur de l'eau maintenue dans le compartiment supérieur.

Le poids est égal à la poussée ; or le poids a pour expression :

$$A + B + \pi$$

π étant le poids de l'eau comprise dans le compartiment supérieur.

La poussée a pour expression :

A + B + δ + déplacement de la partie comprise entre le niveau YY et le pont de ressaut.

Ce déplacement, en admettant que dans le compartiment supérieur *C* les déplacements soient proportionnels aux hauteurs peut s'évaluer par l'expression :

$$\left(\pi + u + u'\right)\frac{l-y}{l}$$

le premier facteur étant le déplacement de la partie entière jusqu'au niveau de la mer.

On a donc :

$$A + B + \pi = A + B + \delta + \left(\pi + u + u'\right)\frac{l-y}{l}$$

ou

$$\frac{y}{l}\left(\pi + u + u'\right) = \delta + u + u'$$

D'où l'on déduit la valeur de *y*.

Il convient que y soit plus petit que la hauteur de la feuillure, de manière que la quille du bateau ne démasque pas complètement le bord de l'entrée de la forme et que l'eau ne pénètre pas trop rapidement dans celle-ci.

Après ce premier soulèvement, on ouvre les soupapes du compartiment supérieur qui se vide alors peu à peu ; le bateau arrive à flotter sur sa ligne de flottaison normale *MN*.

STABILITÉ DES BATEAUX-PORTES

Un corps flottant est en équilibre toutes les fois que le poids du corps est égal au poids du volume d'eau déplacée et que les deux forces sont dirigées suivant la même verticale.

Lorsque le centre de gravité est au-dessous du centre de poussée, appelé dans l'espèce *centre de carène*, l'équilibre est stable et la stabilité ainsi réalisée s'appelle la *stabilité de poids*.

L'équilibre reste encore stable lorsque le centre de gravité, tout en étant au-dessus du centre de carène, est au-dessous du métacentre. Le métacentre est le centre de courbure de la courbe décrite par le centre de carène lorsque le navire tourne autour d'un axe horizontal sans cesser de flotter. La stabilité ainsi réalisée s'appelle la *stabilité de forme*. Dans les bateaux-portes, souvent on ne peut réaliser la stabilité de poids.

La difficulté d'y parvenir tient à la grande hauteur du bateau au-dessus du plan de flottaison qui fait que le bateau est très chargé dans les hauts. Cette circonstance se rencontre particulièrement dans les bateaux destinés à fermer des formes de radoub débouchant dans un avant-port ou un bassin dans lesquels les variations du niveau de la mer sont considérables.

Mais bien que la stabilité de poids ne soit pas indispensable, il y a toujours intérêt à chercher à s'en écarter le moins possible, c'est-à-dire à abaisser le centre de gravité et par suite à diminuer le poids de la construction au-dessus de la flottaison ; c'est là un des motifs pour lesquels les bateaux-portes sont souvent rétrécis dans les hauts, au-dessus du pont étanche.

II faut toujours au moins réaliser la stabilité de forme ; celle-ci est d'au tant plus grande que le centre de gravité est situé plus bas au-dessous du métacentre. La stabilité se mesure par la valeur de cette distance. Or on a :

$$\rho - r - a$$

ρ étant la distance du métacentre au centre de gravité ;

a, la distance du centre de gravité au centre de carène ;

r, le rayon de courbure de la courbe décrite par le centre de carène.

La valeur de r est égale à $\frac{I}{V}$ dans lequel

V est le volume immergé de la carène,

et I, le moment d'inertie de la section de flottaison par rapport à l'axe longitudinal du bateau.

Par conséquent :

$$\rho = \frac{I}{V} - a$$

La discussion de cette formule met en évidence les divers éléments qui agissent sur la stabilité :

1° r étant toujours positif, ρ augmente avec la largeur du bateau à la flottaison et l'augmentation croît dans un certain rapport avec le cube de cette largeur.

2° À égalité de moment d'inertie de la flottaison I, ρ sera d'autant plus grand que le volume immergé V sera plus faible. II y a donc avantage à rétrécir la carène au-dessous de la flottaison, lorsque d'autres considérations ne s'opposent pas à l'adoption de cette solution.

3° Pour assurer à ρ une valeur convenable, il faut donner à a une valeur aussi faible que possible ; il est même parfois nécessaire de rendre a négatif, c'est-à-dire de placer le centre de gravité au-dessous du centre de carène et de revenir ainsi à la stabilité de poids. On y parvient en plaçant un lest très lourd dans la partie basse du bateau.

L'on comprend alors pourquoi un bateau-porte présentant un pont de ressaut perd nécessairement sa stabilité de forme dès que le pont étanche disparaît sous l'eau ; en effet I diminue dans une large proportion dès que le pont de ressaut est noyé.

MODE DE CONSTRUCTION

La tendance est de simplifier dans la plus large mesure possible les formes des bateaux-portes et de renoncer aux formes arrondies, rappelant celles des navires, formes qui ne sont pas nécessaires pour un appareil qui n'a à opérer que des mouvements lents et à petite distance.

Les formes courbes ont l'inconvénient de nécessiter des travaux de forge, de recoupe, de faux équerrage et, par suite, d'augmenter sensiblement le prix de la construction. Il convient donc de choisir pour les bateaux-portes des formes extérieures qui réduisent les difficultés de construction dans la plus large mesure possible ; mais il n'est pas moins nécessaire d'adopter des formes à peu près lisses, d'éviter les recoins, les pièces compliquées, propices au dépôt des vases et difficiles à tenir en bon état de propreté, ainsi que les pièces saillantes ayant à redouter les chocs ou les abordages.

Il importe aussi de tenir compte de l'influence des formes extérieures sur la stabilité des bateaux qu'il faut assurer largement sous peine d'être assujetti à des difficultés de manœuvre, dont l'insuccès pourrait avoir de graves conséquences.

II est utile de cimenter les fonds des bateaux-portes, comme on le fait pour ceux des navires, afin d'éviter que la quille ne se détériore rapidement sous l'influence de l'humidité ou de l'eau croupissante qui y séjourne.

La quille et les étambots qui transmettent aux maçonneries toute la pression reçue par le bateau, doivent être très solidement constitués et reliés au reste de la construction ; on les garnit sur les deux faces de fourrures en bois sur lesquelles est cloué le paillet. La quille doit être plus haute que le busc de 0,10 m. environ ; on place parfois au-dessous de la quille une semelle en bois pour la protéger lors de l'échouage. La visite et l'entretien doivent être rendus faciles en tous points en donnant aux divers compartiments des dimensions suffisantes pour que les ouvriers puissent y accéder aisément. Des trous d'homme et des cheminées doivent être disposés pour permettre de descendre dans la cale, même lorsque les compartiments supérieurs sont pleins d'eau.

En ce qui concerne la structure intérieure, le choix à faire entre une ossature ayant pour éléments principaux des montants verticaux ou des entretoises horizontales dépend tout à la fois de la section de l'écluse d'entrée et du type du bateau.

Si les bajoyers ont un fruit assez grand, les conditions sont moins favorables à l'emploi du système vertical, le système horizontal présente alors cet avantage que les

entretoises les plus chargées sont les moins longues. Mais comme en raison des formes inférieures du bateau, celles-ci ont moins de hauteur que celles situées au-dessus, il convient de les soulager en reportant une partie de la charge sur le seuil au moyen de quelques aiguilles verticales, en profitant d'ailleurs de la résistance des ponts étanches quand on en établit, ou en les faisant coïncider avec des cloisons verticales.

Enfin, lorsqu'on emploie le système vertical avec ou sans ponts ou entretoises intermédiaires il paraît avantageux, au lieu de trop multiplier les aiguilles pour y fixer directement le bordé, d'établir plusieurs ceintures horizontales sur lesquelles s'appuient des membres verticaux recevant le bordé.

Cette répartition de la charge d'eau sur un système de pièces entretoisées, dont les dimensions diminuent à mesure que l'on passe d'un sens à l'autre, conduit à une économie sensible dans les poids et est éminemment favorable à la rigidité du bateau.

On peut éviter de galvaniser les bateaux-portes le galvanisage ayant l'inconvénient de modifier quelquefois la texture du métal et de déformer les pièces, surtout lorsqu'elles sont courbes. D'autre part, l'entretien des bateaux-porles peut se faire facilement et alternativement sur chaque face, en renouvelant la peinture lors de l'assèchement de la forme ; le galvanisage est, par suite, moins utile que pour les portes d'écluse, dont l'une des faces au moins et généralement les deux restent immergées presque constamment.

A Dunkerque, les bateaux-portes sont constitués par des entretoises horizontales à peu près équidistantes, formées d'une double ligne de ceintures reliées par un treillis supportant des membrures verticales en forme de ***Z***, sur lesquelles est fixé le bordé. Le système est raidi par cinq cloisons transversales formées d'une âme pleine avec cornières et montant jusqu'à l'entretoise située à la cote (1,75 m.) ; au-dessus, ces cloisons sont continuées par un treillis. Le lest permanent est formé de pièces de fonte moulées de manière à épouser les formes du bateau et à permettre un arrimage qui ne laisse aucun vide. Cette précaution a été prise pour augmenter la densité du lest, abaisser le centre de gravité et améliorer la stabilité.

A Marseille (*fig. 616*), l'ossature des bateaux se compose également d'une série de poutres horizontales entretoisées, ayant la forme d'égale résistance ; ces poutres ont une hauteur égale à la largeur des portes mesurée au fort. Les cornières formant les semelles de ces poutres sont de section constante et employées sans faux équerrage, ce qui simplifie beaucoup la main-d'œuvre et conserve au fer toute sa résistance. Toutefois, il faut remarquer que la quantité de métal et de lest rapportée au mètre carré de la surface de poussée est un peu plus considérable que dans les autres systèmes de portes ; mais ce surcroît de dépense est largement compensé par la moins-value de la main-d'œuvre.

Dans les bateaux-portes de Toulon (*fig. 617*), les poutres horizontales des flotteurs ont des hauteurs inégales ; les cornières des semelles doivent alors être passées à la forge pour ouvrir l'angle de celles qui regardent du côté du pont de ressaut et pour fermer l'angle de celles qui sont tournées du côté de la quille. Cette disposition augmente considérablement les frais de main-d'œuvre, et le travail de forge altère d'une manière notable la résistance du métal. Sont également constitués par

un système de poutres horizontales reliées par un contreventement vertical et un double bordé les bateaux-portes de Saint-Nazaire, de Lorient, de Bordeaux et de Cherbourg.

Dans ces divers types, l'on n'a peut-être pas toujours tenu suffisamment compte du point d'appui naturel offert par le busc, afin de reporter sur celui-ci une partie des pressions. La partie inférieure du bateau 5 de Cherbourg, toutefois, a été munie de liaisons verticales énergiques, qui soulagent les membrures.

Les bateaux-portes 1, 2 et 3 (*fig. 618*) du Havre, au contraire, se composent d'une suite de membrures verticales formées de cornières assemblées en Z, reliées par trois étages d'entretoises en tôles et cornières, ou barrots, puis par les varangues, le pont étanche et le pont supérieur. Ce système se rapproche beaucoup du mode de construction des navires.

Le bateau-porte de Calais (*fig. 619*) comprend trois grandes entretoises horizontales, dont deux forment le dessus et le dessous de la caisse à air, et qui sont solidement reliées entre elles par des fers en U disposés en croix et par des cloisons pleines. Ces deux entretoises inférieures ont 4 m. de hauteur, la troisième n'a que 2 m. L'entretoise la plus basse est fortement reliée à l'étrave et à l'étambot, de façon à reporter dans de bonnes conditions la pression qu'elle supporte sur les rainures. Des membrures verticales espacées de 0,51 m. sont attachées au-dessous de l'entretoise inférieure par de forts goussets. Les tôles du bordé ont 1,705 m. de largeur, afin de diminuer le nombre des joints à rendre étanches et le matage à faire.

Dans les bateaux-portes 5 et 6 du Havre (*fig. 620* et *621*), l'ossature se compose également de poutres horizontales et verticales ; le pont étanche et la passerelle supérieure supportent concurremment avec le heurtoir inférieur toute la charge d'eau. A cet effet, il a été disposé trois poutres verticales à treillis auxquelles le bordé transmet une partie de la pression, le reste de cette pression est reporté sur les feuillures des bajoyers ; la pression est transmise à ces poutres par des ceintures horizontales sur lesquelles s'appuient les membres verticaux en forme de Z supportant le bordé. Le contreventement est assuré dans le sens transversal par les barres de treillis des poutres verticales, dans le sens horizontal par des croix de Saint-André, qui ont pour objet de diminuer la portée des ceintures et d'augmenter leur rigidité, enfin dans le sens longitudinal par le bordé lui-même.

La pression qui s'exerce sur la partie du bateau comprise entre le pont étanche et le pont supérieur, est répartie simplement sur ces poutres par les membrures verticales qui supportent le bordé. Cette caisse supérieure est contreventée au moyen de croix verticales placées dans le même plan que les poutres verticales du compartiment inférieur et de croix horizontales placées à mi-distance des poutres.

Les bateaux-portes de La Pallice présentent des dispositions analogues ; ils supportent une passerelle de 2 m. de large. Le plus grand a 22,93 m. de longueur et 4 m. de largeur (*fig. 622*) ; l'ossature se compose de quatre poutres verticales à treillis, d'un pont étanche fortement constitué vers la partie centrale du bateau et de trois ceintures horizontales intermédiaires situées, une entre le pont étanche et le pont supérieur, les deux autres entre le pont étanche et la quille ; des membrures verticales en forme de Z reportent sur les ceintures horizontales la pression reçue par le bordé.

A Bordeaux, le bateau-porte, récemment construit pour remplacer celui qui était précédemment en service, présente une forme extérieure analogue à celle des bateaux précédents. Mais l'ossature est sensiblement différente (Pl. XIII) ; elle comporte à la partie supérieure une poutre à treillis horizontale ayant toute la longueur du bateau-porte, 22,75 m., et 4 m. de largeur, sauf au droit de l'étrave et de l'étambot où celle largeur est réduite à 0,80 m. Onze poutres verticales à treillis, de 9,15 m. de hauteur, répartissent la pression sur la poutre supérieure et sur la quille. Un pont étanche est établi à hauteur de la flottaison normale; il est supporté par des entretoises horizontales entrant dans la composition du treillis des onze poutres verticales. Le bordé sur les semelles des poutres verticales est raidi par des membrures horizontales en Z· La partie supérieure supporte une voie charretière de 2,50 m. de largeur et deux trottoirs de 0,80 m.

Les bateaux-portes en usage en Angleterre sont, en général, d'une construction moins simple que celle des types qui viennent d'être décrits ; ils comprennent un plus grand nombre de compartiments étanches.

Le bateau-porte de Blackwall (*fig. 623*) présente une section rectangulaire sans quille, le contact s'établissant comme pour les portes d'écluse entre le busc et le côté du bateau ; il a 20,50 m. de longueur, 3,05 m. de largeur et 8,78 m. de hauteur. Un lest fixe en béton est placé à la partie inférieure ; au-dessus se trouve la chambre à air, séparée par un pont étanche du compartiment supérieur qui reçoit le lest en eau nécessaire à l'échouage.

Le bateau-porte de Barry dock (*fig. 624*) présente, d'un côté, une forme arrondie analogue à celle d'un bateau et, de l'autre, une paroi verticale sur toute sa hauteur ; cette disposition a pour objet de permettre de le placer dans une retraite ménagée dans le mur de quai, lorsqu'il n'est pas en service, sans qu'aucune de ses parties fasse saillie sur le parement du mur. Ce bateau compte un assez grand nombre de compartiments étanches formés par deux ponts horizontaux et deux cloisons verticales. Cette disposition n'est pas à imiter ; elle ne permet pas de retourner le bateau-porte, de manière à mettre successivement chacune de ses faces dans la forme pour la visiter et la repeindre.

Le bateau-porte de Bute dock (*fig. 625*) a une largeur beaucoup plus grande que celle de tous les bateaux déjà décrits ; il a 18,30 m. de longueur, 7,93 m.de largeur dans la partie inférieure et 3,96 m. de largeur dans la partie supérieure. II est divisé par un pont étanche et diverses cloisons en seize compartiments communiquant entre eux par des orifices munis de vannes. Une pompe à vapeur placée sur le pont étanche permet de vider, en cas de besoin, une partie du lest en eau. Un lest en fonte de 120 t. est d'ailleurs placé à la partie inférieure près de la quille ; ce lest joint au poids du bateau-porte qui est de 125 t., est calculé de façon à permettre au bateau-porte de flotter lorsque l'eau est au niveau le plus bas où il est nécessaire de le soulever.

Le bateau-porte de la forme du Norddeutscher Lloyd à Bremerhaven (*fig. 626*) a un flotteur placé à la partie intermédiaire, au-dessous du niveau de l'eau dans le bassin ; aux parties inférieure et supérieure, il n'y a qu'un bordé placé dans l'axe du bateau.

Le bateau-porte de la nouvelle forme de Boston aux États-Unis a une longueur totale de 31,80 m. (*fig. 627*) ; sa largeur atteint au fort 6,70 m. et sa hauteur est de

11,10 m. Un lest en béton est placé à la partie inférieure de façon à lui assurer un tirant d'eau normal de 5,65 m. Deux ponts étanches intermédiaires divisent le bateau en trois compartiments. L'immersion est obtenue par l'introduction d'eau au moyen de trois vannes de 0,55 m. de diamètre. Le relevage s'opère en épuisant l'eau ainsi introduite avec une pompe centrifuge qui débite 13,630 l., par minute ; cette pompe est installée dans le compartiment supérieur, ainsi que la machine à vapeur qui la commande.

Le tableau suivant fait connaître les dimensions, les poids et les prix d'un certain nombre de bateaux-portes.

PORTS	FORMES	LONGUEURS		HAUTEURS	SURFACES	POIDS			PRIX		OBSERVATIONS
						sans lest		avec lest.			
		en tête.	de la quille.			total	par mètre².		total	par mètre².	
		m.	m.	m.	m²	kg.	kg.	kg.	fr.	fr.	
Dunkerque	2 et 3	20,10	14,23	8,80	151,00	87 000	567	153 000	60 000	397	Voie charretière.
id.	4	28,05	21,23	10,30	253,00	183 000	723	281 000	114 000	451	id.
Calais	4	22,10	22,10	11,00	243,00	249 000	1 025	273 000	177 240	729	
Le Havre	3	16,94	14,70	8,10	132,89	111 707	841	172 366	"	"	Voie charretière.
id.	4	31,08	29,04	11,15	335,17	277 690	829	664 150	185 512	554	id.
id.	5	21,08	18,08	11,00	215,35	202 756	942	415 357	245 968	659	id.
id.	6	17,08	13,86	10,15	157,02	144 458	920	263 179			
Cherbourg	5	30,60	26,00	43,80	390,54	375 000	960	540 000	356 000	912	id.
Saint-Nazaire	1	26,00	21,00	10,40	254,90	199 172	781	408 152	246 261	966	
id.	3	19,00	15,00	10,40	185,20	148 628	803	264 413	165 475	893	
La Pallice	1	22,93	22,93	11,20	256,88	202 732	789	380 412	157 490	614	
id.	2	14,93	14,93	11,20	152,33	118 194	776	204 444	94 301	619	
Rochefort	2	15,82	14,02	6,70	91,10	70 000	769	81 000	47 930	526	
Bordeaux	2	22,75	22,75	10,60	241,15	107 328	446	450 596	152 623	513	Voie charretière.
Marseille	1-2	25,20	13,50	9,50	183,83	109 200	594	188 700	"	"	
id.	3-4	16,86	11,06	8,50	118,66	70 900	598	128 500	"	"	
id.	5-6	16,86	11,06	8,50	118,66	70 800	597	128 500	65 000	548	
Toulon	Missiessy	29,74	25,75	11,98	332,26	273 090	829	424 884	226 400	681	
Alger.	Grande.	27,36	22,15	10,68	262,25	208 767	796	404 040	168 800	643	
id.	Petite.	20,80	16,70	8,25	153,65	80 587	524	145 360	96 100	625	

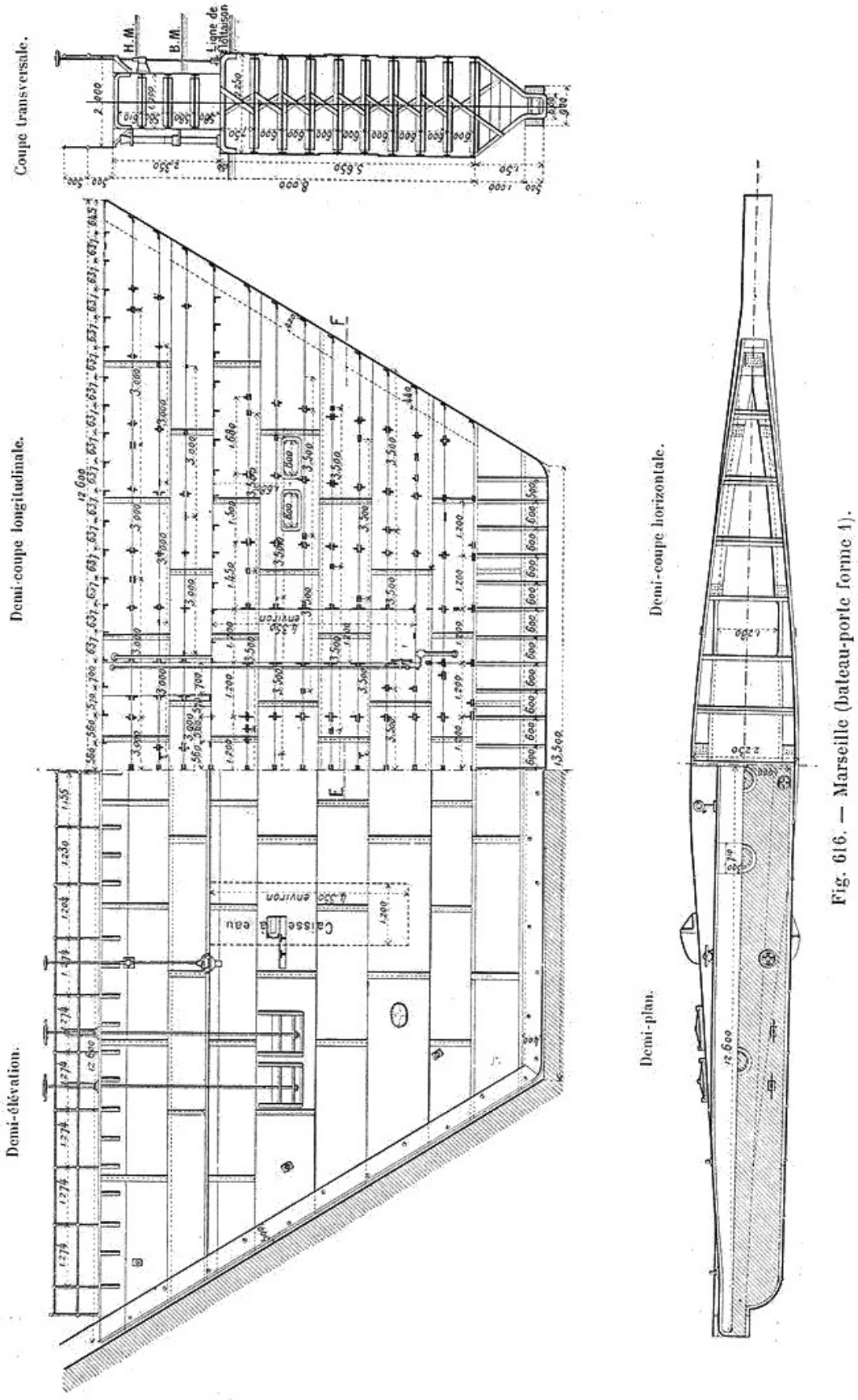


Fig. 616. — Marseille (bateau-porte forme 1).

Fig. 616 - Marseille (bateau-porte forme 1)

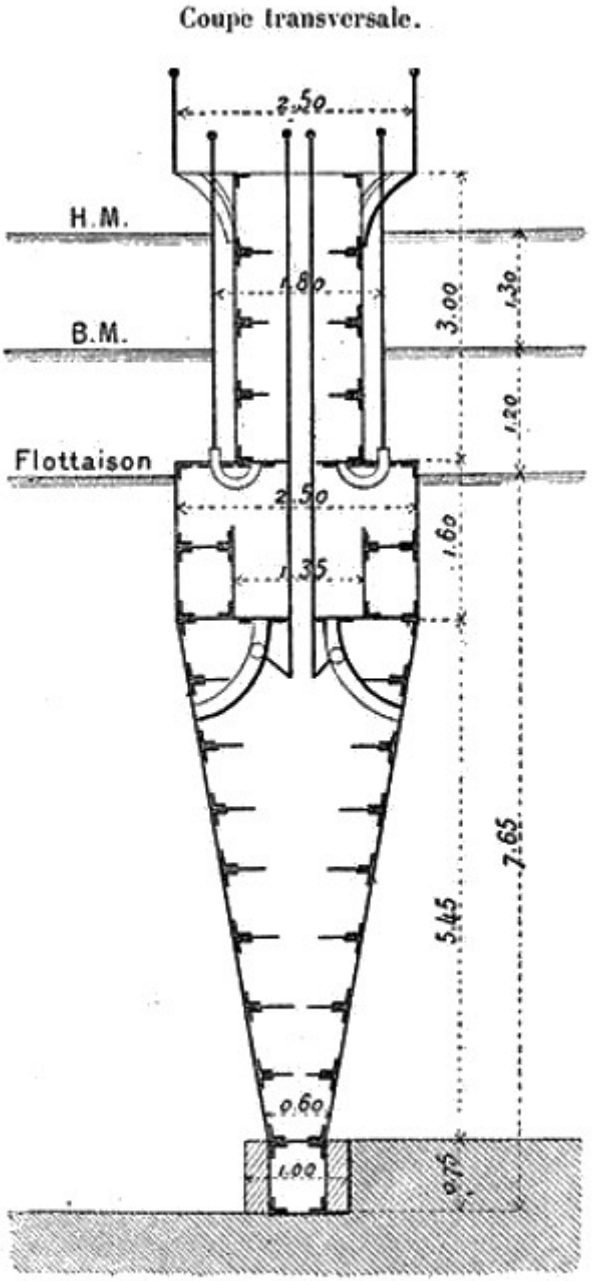


Fig. 617. — Toulon (bateau-porte de la forme 1 de Castigneau).

Fig. 617 — Toulon (bateau-porte de la forme 1 de Castigneau)

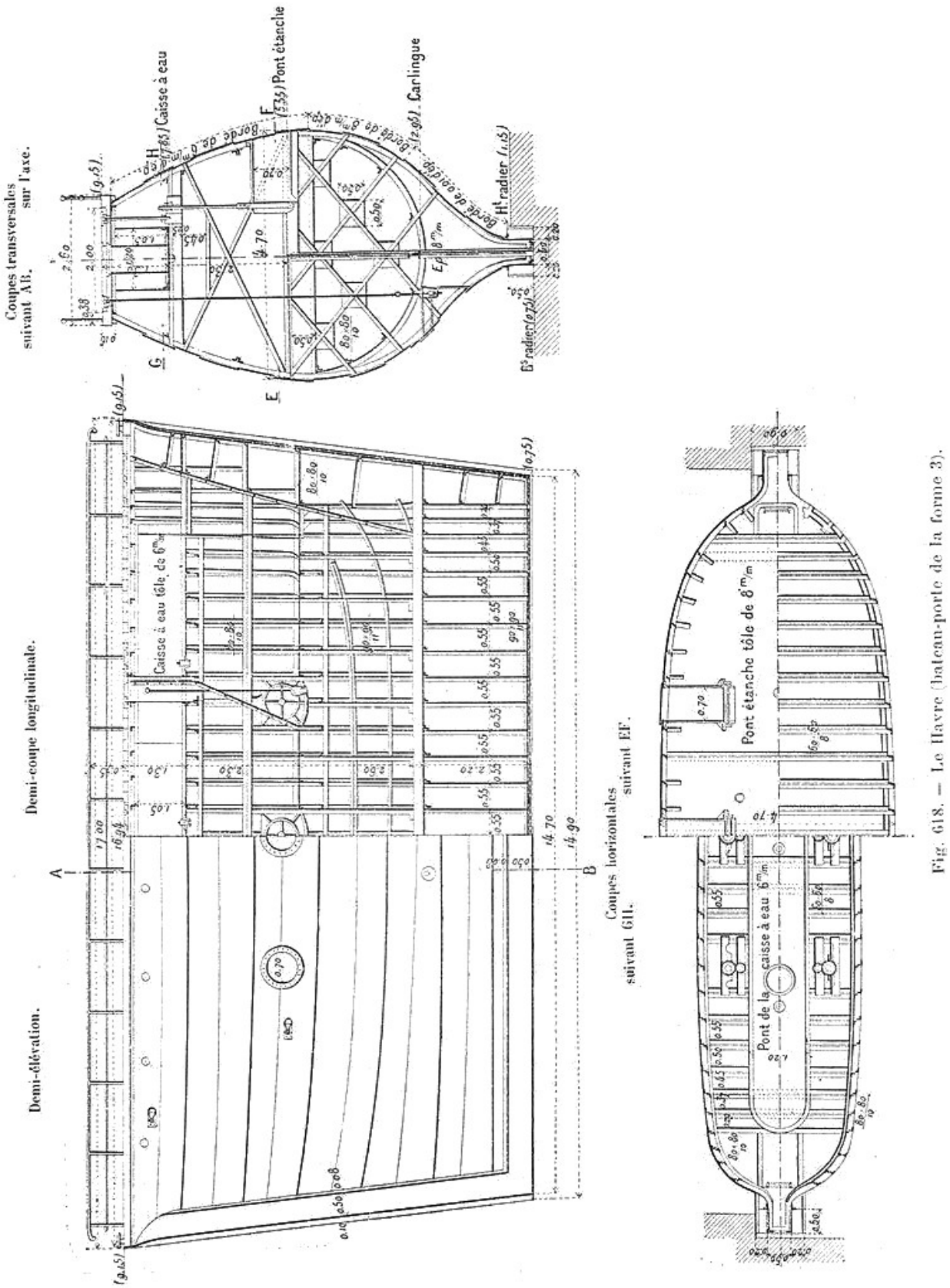


Fig. 618. — Le Havre (bateau-porte de la forme 3).

Fig. 618 — Le Hâvre (bateau-porte de la forme 3)

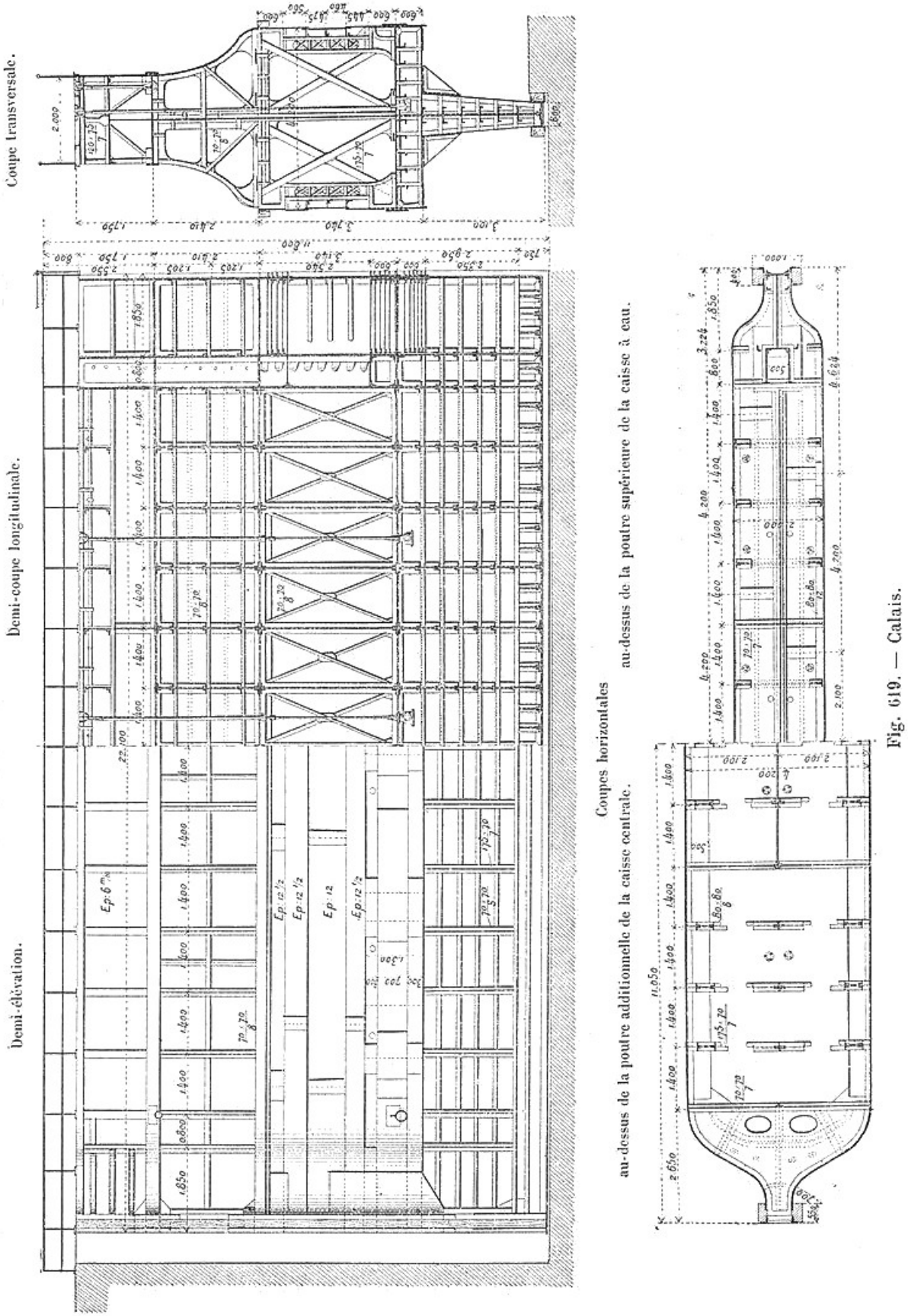


Fig. 619. — Calais.

Fig. 619 — Calais

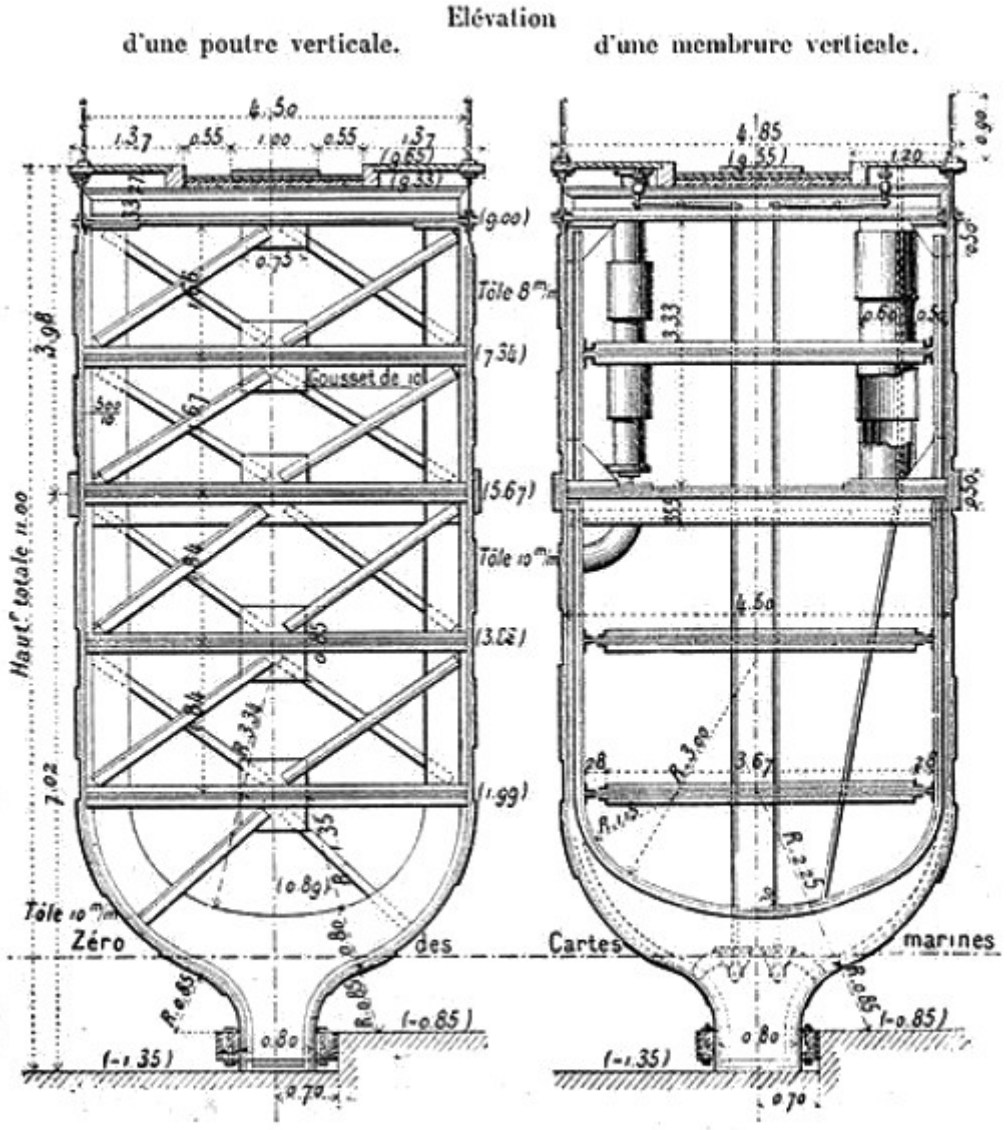


Fig. 620. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Fig. 620 — Le Hâvre (bateau-porte de la forme 5)

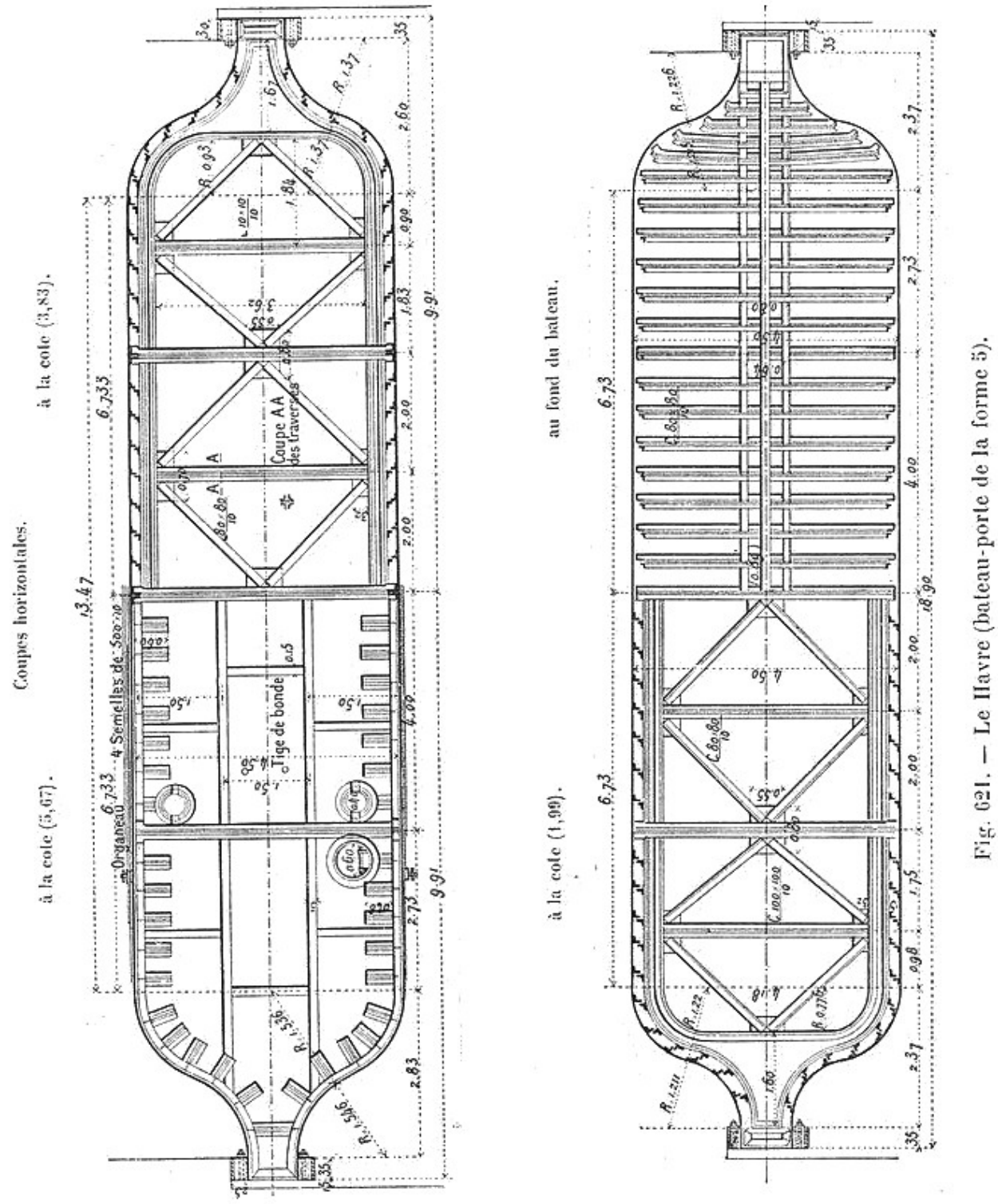


Fig. 621. — Le Havre (bateau-porte de la forme 5).

Fig. 621 — Le Hâvre (bateau-porte de la forme 5)

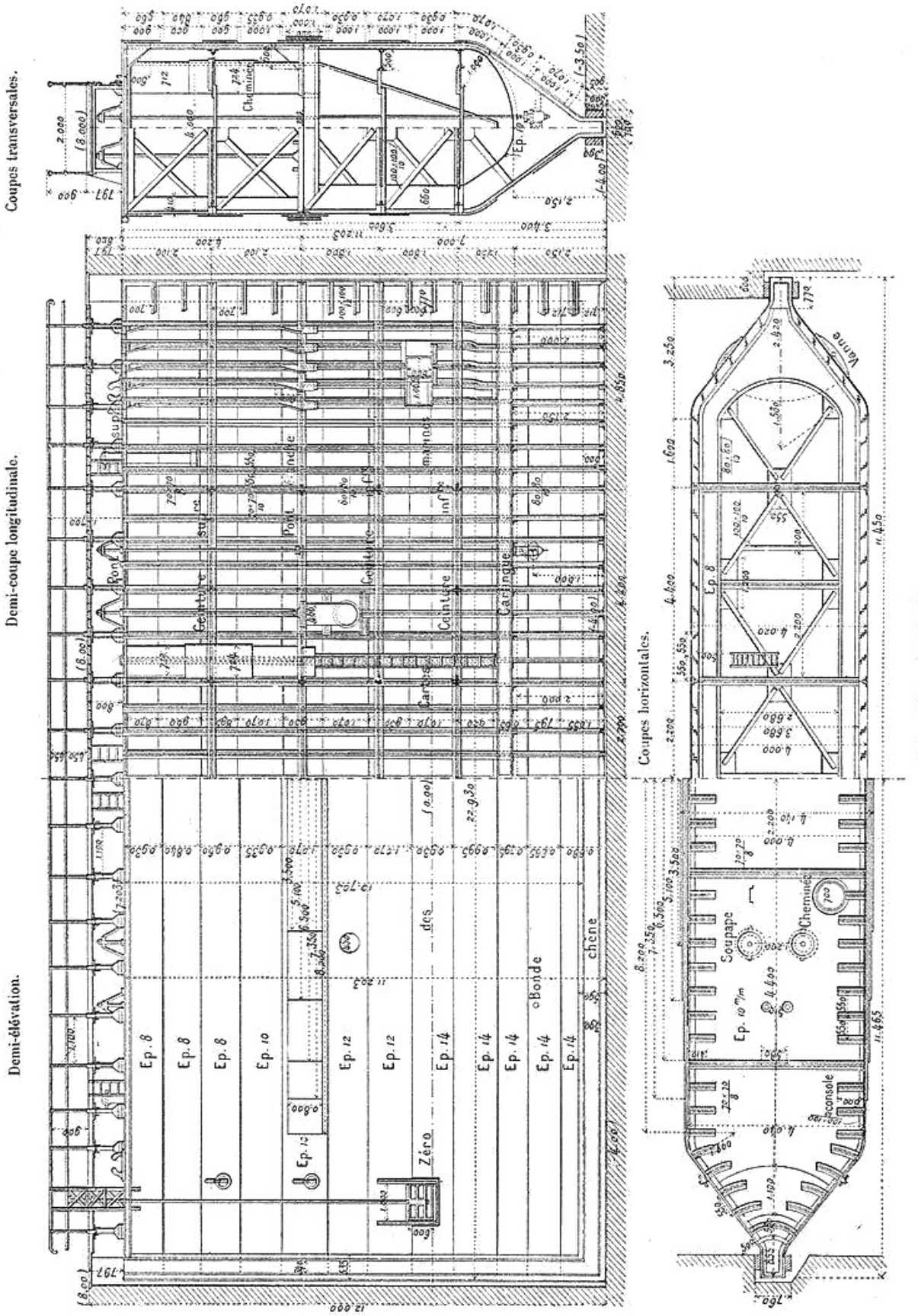


Fig. 622 — La Palisse

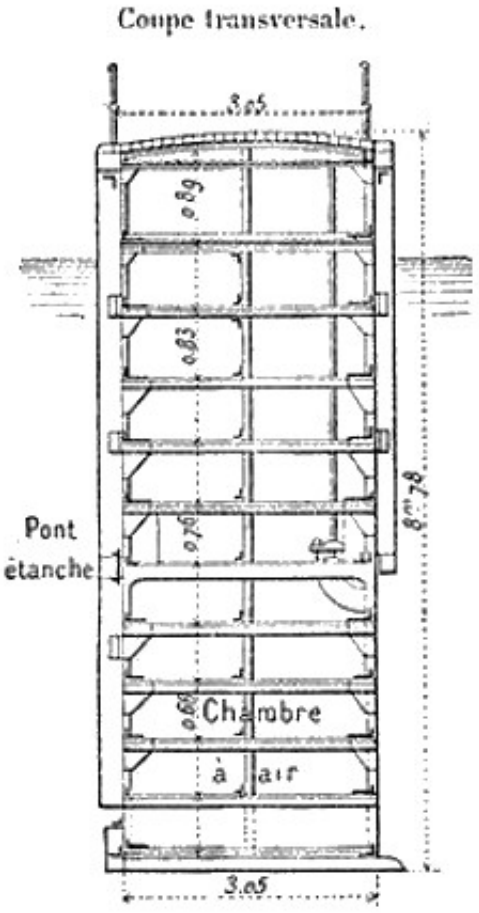


Fig. 623. — Blackwall.

Fig. 623 — Blackwall

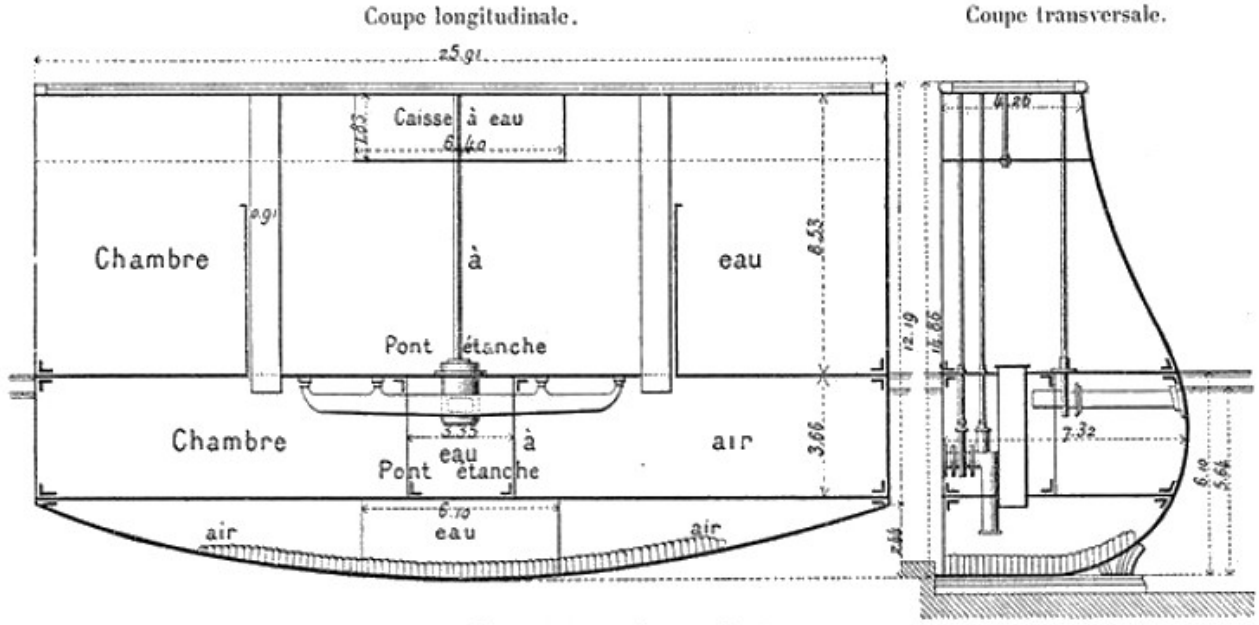


Fig. 624. — Barry dock.

Fig. 624 — Barry dock

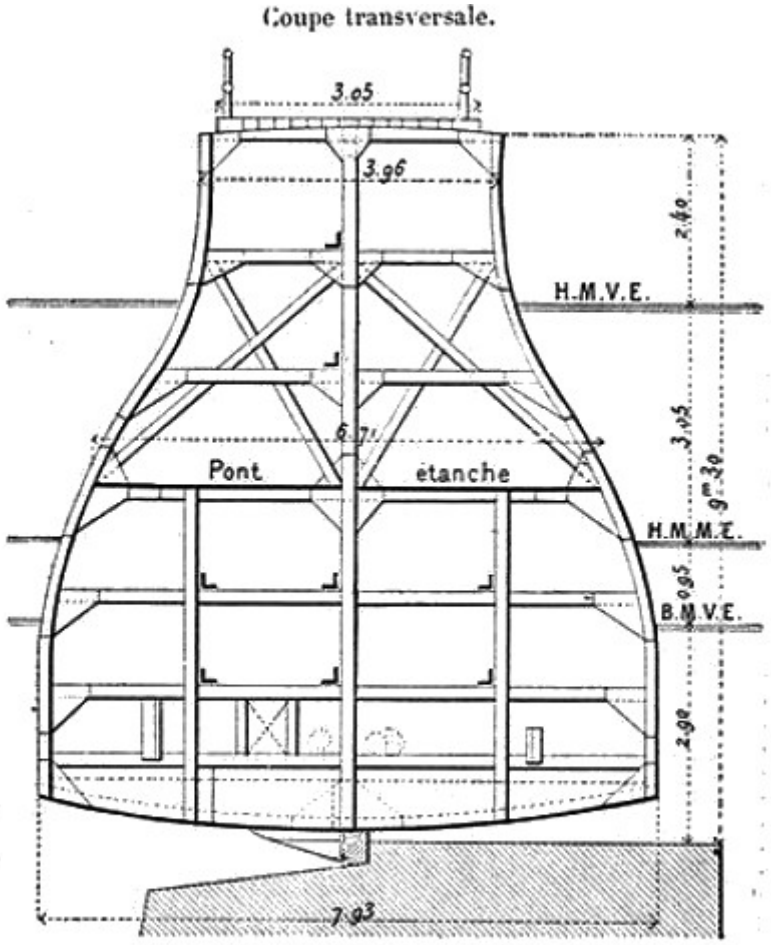


Fig. 625. — Bute dock.

Fig. 625 — Bute dock

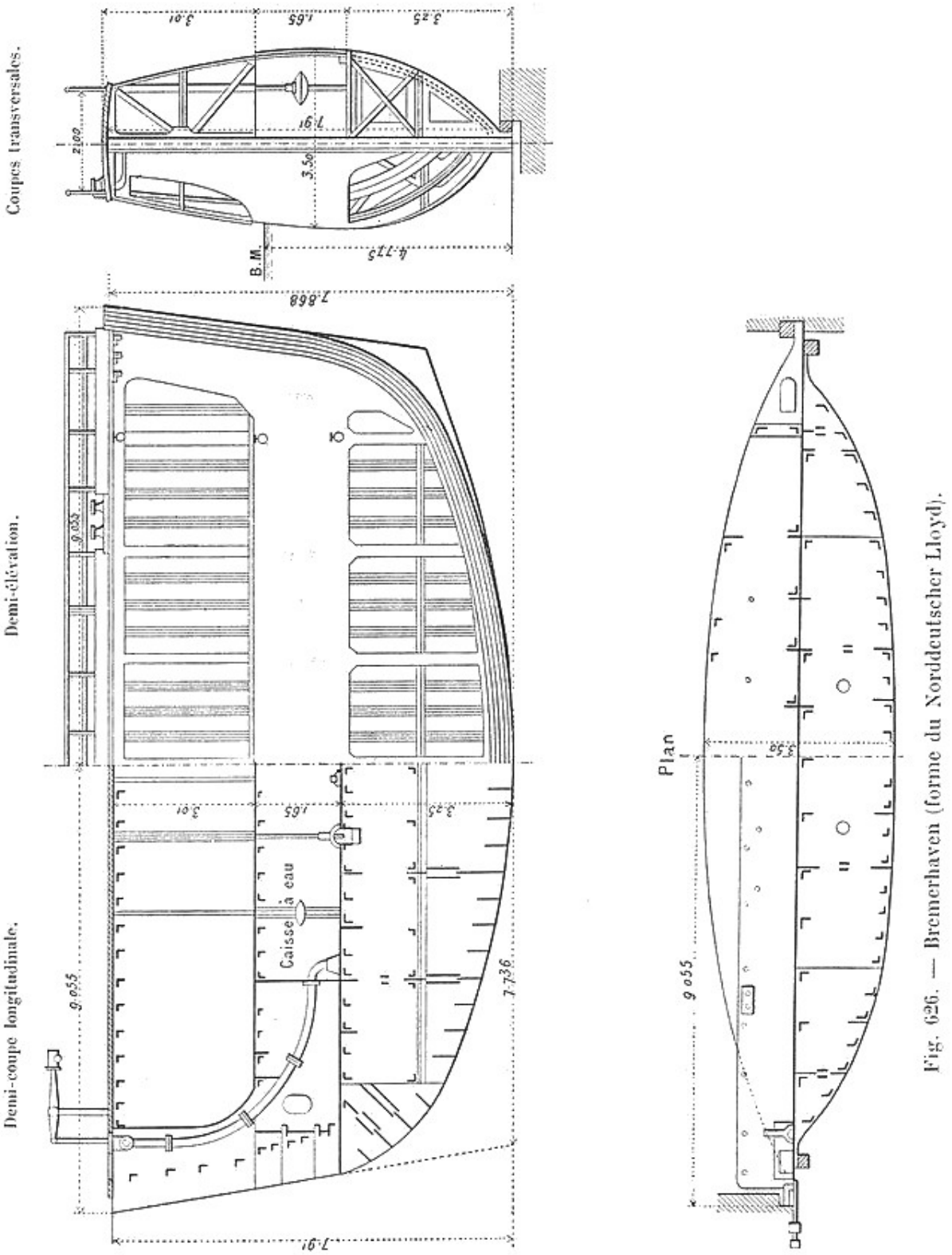


Fig. 626. — Bremerhaven (forme du Norddeutscher Lloyd).

Fig. 626 — Bremerhaven (forme du Norddeutscher Lloyd)

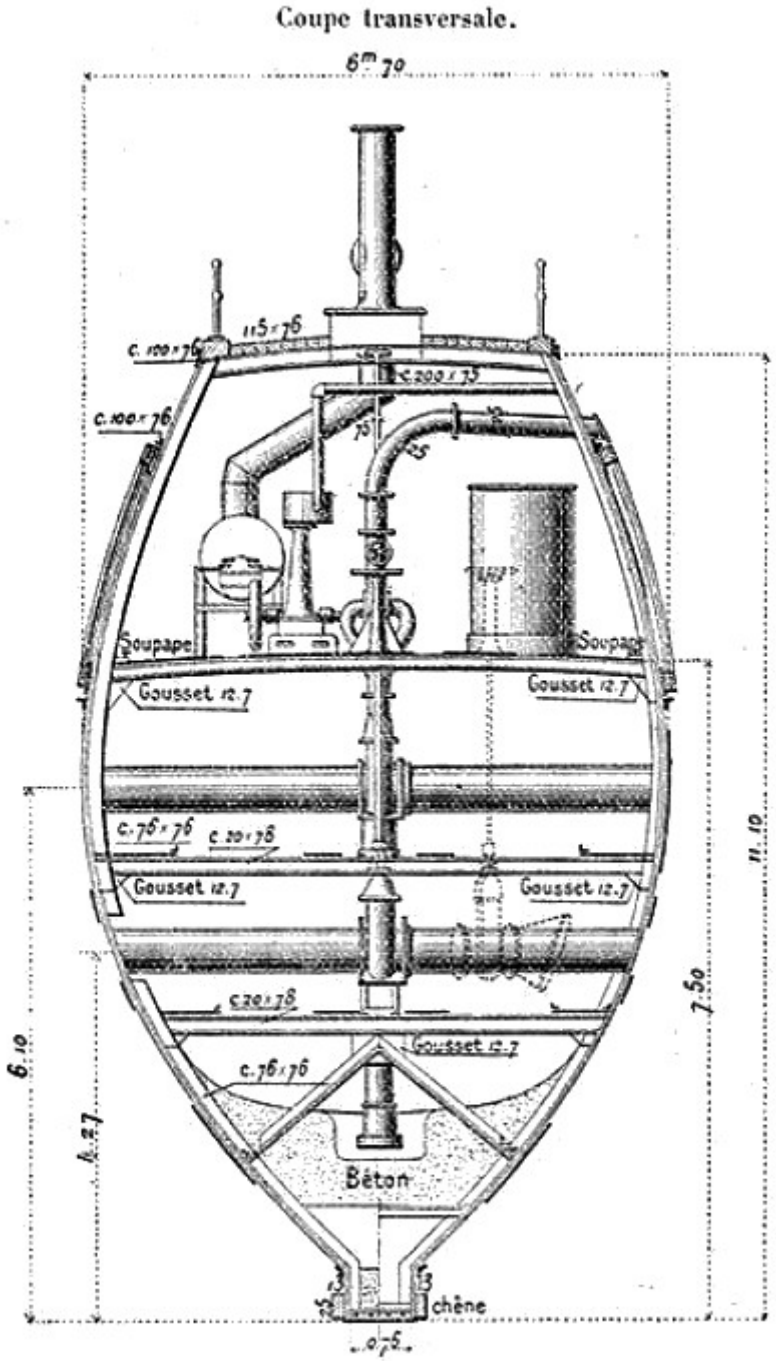


Fig. 627. — Boston.

Fig. 627 — Boston